

典型人类活动对洪水特性的影响

邹 鹰^{1,2}, 程建华³

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 3. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225009)

摘要: 20世纪90年代以来,我国洪灾损失呈逐渐上升趋势,防洪形势十分严峻,除水文气象因素外,人类活动是重要影响因素.人类活动直接或间接地改变了影响洪水形成过程及其特征的某些自然环境因素,如陆面覆被、调蓄能力、地形、河流形态等.本文通过归纳国内外现有研究成果,从改变流域局部地区降雨径流关系,改变流域内河湖岸带滩地的蓄滞洪条件,改变洪水在河道中的输移条件等3个方面分析了典型人类活动对洪水特性的影响.

关键词: 洪水; 洪水特性; 人类活动; 降雨径流关系; 滞洪

中图分类号: TV12

文献标识码: A

文章编号: 1009-640X(2010)01-0037-05

建国以来,我国的防洪工程建设成就卓著,主要江河防洪能力显著提高.但洪涝灾害仍然频频发生,尤其是进入20世纪90年代以后,我国主要江河都发生了较大洪水,有的甚至出现历史最大洪水.如1991年太湖与淮河流域发生的大洪水,太湖水位超过1954年的历史最高水位,淮河河道出现罕见的中流量高水位;1994年珠江流域西江、北江并发20世纪第二大洪水;1998年长江发生自1954年以来又一次流域性大洪水;嫩江、松花江的1998年洪水也远超1932年^[1].洪水不仅频繁发生,而且灾害损失越来越大,据有关资料统计,我国不同时期全国平均单位面积综合损失值呈现明显上升的趋势,从20世纪50年代的2 100元/hm²上升为70年代的5 880元/hm²,90年代则达14 380元/hm²(单位面积综合损失值是将一次洪灾造成的直接损失值,折合到淹没区每单位成灾耕地上的损失值;90年代的数字是根据1991~1998年全国成灾面积和直接经济损失计算而得;其它年代的数据摘自《中国水旱灾害》^[2]).可见,我国当前的防洪形势依然十分严峻.

洪水是自然界的一种极端现象,一般由异常降水所致,它的发生和发展主要受自然环境因素(如降雨量与降雨强度、地形、土壤类型、调蓄能力、陆面覆被等)的作用和制约.随着人类社会的不断发展,人类活动不可避免地改变某些自然环境因素,从而直接或间接地影响洪水形成的过程及其特性.这些影响包括改变了流域局部地区的降雨径流关系;改变了流域内河湖岸带滩地的蓄滞洪条件;改变了洪水在河道中的输移条件.本文试图针对这3个方面,通过文献归纳的方式分析人类活动对洪水特性的影响.

1 人类活动对降雨径流关系的影响

在森林覆盖良好的地区,通常林冠可以截留15%~26%的降水量^[3],但林冠截留随雨强的增大而减小.根据四川林区试验站资料,当次降水雨强达20 mm时,林冠截留量下降到次降水量的5%左右^[4].林地上枯枝落叶层也能截留一定的降水量,一般森林可以持水10 mm.林冠及枯枝落叶层的截留作用不只是可以减少直接落到土壤表面的降水,更重要的是还可以减轻雨滴对土壤表层的溅击强度,避免土壤板结,增大土壤下

收稿日期: 2009-07-08

作者简介: 邹 鹰(1961-),男,贵州都匀人,教授级高级工程师,硕士,主要从事流域水文模拟、流域水资源保护研究工作. E-mail: yzou@nhri.cn

渗能力,并且,植物根系有助于降水的入渗,减小地表径流量,增大壤中流和地下径流量.森林植被覆盖区域良好的持水能力和下渗能力可以削减洪峰,延缓洪水的起涨过程.在我国东北地区森林面积为500~1000 km²的中小流域,森林植被对洪峰的削减一般可达80%~83%;美国田纳西流域实验结果表明,当森林覆盖率为66%时,可削减洪峰流量为5%~27%^[5].但是,值得注意的是森林植被对拦洪削峰的作用是有限的,雨强与历时、枯枝落叶层受前期降雨影响所达到饱和等都会影响林地拦洪削峰的作用.据汉江支流褒河流域(森林覆盖率达60%)资料分析,在一次大暴雨过程中有过5次降雨过程(见表1),在第1次降雨过程中,森林对洪水的拦蓄作用较显著,径流系数只有0.50,但在随后的4次降雨过程中,径流系数逐渐增大,最后森林对洪水的拦蓄作用基本消失^[6].

表1 褒河流域一次降雨径流过程

Tab.1 Rainfall-runoff relationship of Baohe watershed

项 目	降 雨 过 程				
	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次
降雨量/mm	115.4	137.8	88.7	108.9	33.3
径流深/mm	57.7	104.7	81.0	107.2	33.1
径流系数	0.50	0.76	0.91	0.98	0.99

城市化对降雨径流关系影响非常显著,城市化使得城区地表的不透水面积增大,致使下渗能力明显下降,降水后的产流量显著增加.城市化还改变了降水在城区地表的汇流条件,特别是城区排水系统的改变,使得汇流速度明显加快.这些变化使得受城市化影响流域的洪峰流量增大、峰现时间提前、洪水历时缩短、洪水总量增加.据北京市通榆河乐家花园站的实测资料统计,1963年和1983年分别发生了量级相近的降雨过程,降雨量分别是107.7和97.3 mm,最大1 h降雨量分别是42.3和38.4 mm,而这两次降雨过程所产生的洪峰流量分别是193和398 m³/s,1983年的洪峰流量是1963年的2倍还多.而据有关统计资料,北京市不透水面积1983年比50年代初期增加了10倍^[7].国外对城市化对降雨径流关系的影响也做了大量工作,据Espey等^[8]的研究,在城市化影响地区,城市化后的单位线洪峰流量要比城市化前的增大3倍,单位线的上涨段历时缩短1/3,同时他们还指出,根据河道整治情况、不透水面积所占比例的变化、河岸植被数量以及排涝设施等不同条件,暴雨所致的洪峰流量估计可为城市化前的2~4倍.Anderson^[9]指出,城市排水系统的改善可使天然河道的汇流时间缩短1/8,洪峰流量增大为原来的2~8倍.降雨径流关系的变化使得水文资料系列失去自然态特征,常遇洪水洪峰流量增大,洪水重现期缩短.Wilson^[10]对美国密西西比河的研究结果表明,城市化程度很高的流域,其多年平均洪峰流量比相似的农村流域要大4.5倍,50年一遇洪水的洪峰流量要增大3倍,估计100年一遇洪水出现的机率可增大6倍.

2 人类活动对蓄滞洪水条件的影响

因生产需要,生活在湖区和河滩地的人们不得不与河湖争地,特别是1949年以来,我国湖泊围垦不论围垦速度还是规模,都大大超过了历史上的任何一个时期.据粗略统计,近40年来,仅湖南、湖北、江西、安徽、江苏5省围垦湖泊的面积在12000 km²以上,相当于今洞庭湖面积的4倍多,因围垦而消亡的大小湖泊达1100个.地处长江中游的洞庭湖,20世纪50年代初期有水域面积4350 km²,因大量围垦,先后建起垦区面积在100 km²的大垸有大通湖蓄洪垦殖区、西洞庭湖蓄洪垦殖区等7处,总计垦殖区面积在1500 km²以上,至1995仅剩水域面积2625 km²,湖泊容积减少了126亿 m³^[11].由于湖泊围垦,致使洞庭湖调蓄洪水的能力下降了50%以上^[12].地处淮河流域下游的洪泽湖周边地区人水争地现象非常突出,据不完全统计,19世纪50~80年代,洪泽湖沿湖12.5 m高程以下被围垦面积在120 km²以上,被围地区围堤标准在15.0 m高程以上,挤占了大量的湖容,严重影响了洪泽湖的调蓄洪水能力.由于湖泊调蓄能力的下降,导致同流量条件下,湖区水位普遍抬高,如1991年7月13日与1954年7月25日相比,蚌埠闸下泄入湖流量分别为7790和

7 770 m^3/s ,三河闸下泄出湖流量分别为 8 020 和 7 450 m^3/s ,但湖区洪水位前者比后者高出 0.32 ~ 0.48 m^[13]. 淮河干流情况也是如此,由于干流两侧调蓄洪水的许多湖泊洼地被大量围垦,湖洼调蓄洪水的能力大大降低,形成小洪水高水位的严重局面,如淮河干流三河尖站,1919 ~ 1949 年的 31 年中曾经出现过的最高水位为 1921 年的 26.95 m,而 1950 ~ 1984 年的 35 年中有 15 年洪水位超过 26.95 m,1968 年最高洪水位达到了 29.84 m. 与 50 年代相比,目前淮河河道过洪能力普遍下降,在相同流量下,水位抬高 1 m 左右,相同水位下,过流能力减小约 20% ~ 40%^[14]. 美国有关研究指出,对于带有深切沼穴的高原山区河流,洪泛区湿地可以削减 11% 的洪峰流量(对于 25 年一遇暴雨事件),削减 10% 的洪峰流量(对于 100 年一遇暴雨事件);对于浅洼地区的河流,洪泛区湿地可以削减 7% 的洪峰流量(对于 25 年一遇暴雨事件),削减 5% 的洪峰流量(对于 100 年一遇暴雨事件)^[15].

3 人类活动对河道输移条件的影响

筑堤防洪是一种被广泛采用的防洪工程措施,在我国防洪体系中起着非常重要的作用. 但筑堤导致的归槽洪水问题可能会影响河流上下游、左右岸的关系,将上游的洪水问题转移到下游. 以珠江流域浔江段为例,浔江沿岸原为天然滞洪区,从 19 世纪 50 年代中期开始筑堤,防洪标准一般达 5 ~ 10 年一遇. 1994 年 6 月,武宣和贵港站洪峰流量分别为 44 400 和 2 300 m^3/s ,在这次洪水过程中,由于大部分堤防溃决,洪水溢出河道淹没浔江两岸滩地面积达 4.67 万 hm^2 ,梧州站洪峰流量为 49 200 m^3/s . 此后,沿岸堤防经过加高加固,防洪标准提高到了 20 年一遇. 1998 年 6 月浔江再次发生洪水,武宣和贵港站洪峰流量分别为 38 500 和 6 250 m^3/s ,洪水量级接近 1994 年洪水,但这次洪水中浔江沿岸仅有小部分堤防崩决,溢出河道的洪水明显减少,淹没滩地面积仅为 1994 年的 10%,结果导致梧州站洪峰流量高达 52 900 m^3/s ,给梧州市以及西江下游河段造成了很大的防洪压力^[16]. 据珠江水利委员会的分析,如果浔江遇 10 年一遇洪水,可使梧州站的洪峰流量从天然情况下的 41 200 m^3/s 增大到归槽后的 44 200 m^3/s ,接近天然条件下的 20 年一遇洪水;如果浔江遇 20 年一遇洪水,可使梧州站的洪峰流量从天然情况下的 44 700 m^3/s 增大到归槽后的 47 800 m^3/s ,接近天然条件下的 50 年一遇洪水^[17].

河流裁弯取直是河道整治工程中的一种,也是我国的一项重要防洪工程措施. 由于洪水在天然河道中的运移机制非常复杂,裁弯取直工程可能使天然状态下的河势发生明显变化,造成河流的不稳定,使得河床在某个河段产生严重冲刷,而在另一个河段又出现严重淤积. 长江荆江河段分别于 1966 年和 1968 年实施了下荆江河段的中洲子和上车湾裁弯工程,1972 年下荆江河段的沙滩子发生了自然裁弯. 裁弯后裁弯段上游水面比降加大,河床冲刷,同流量的水位降低,如当流量为 4 000 m^3/s 时,沙市和石首站 1980 年水位较 1966 年分别下降 1.25 和 1.60 m^[18]. 另一方面,由于裁弯工程改变了荆江河段与洞庭湖三口分流分沙的关系,致使进入荆江的水沙量有所增加,下荆江河段汛期设防水位的时间有所增加,下荆江裁弯后槽蓄作用减小,洪峰出现的时间也有所提前. 裁弯工程也使得河床形态发生调整,上荆江河床以下切为主,下荆江河床下切与展宽同时发生,城陵矶以下河段河床在一段时期内发生淤积. 受其影响,螺山站中低水时(流量 20 000 m^3/s 以下)水位抬高约 0.4 ~ 0.5 m,高水时(流量 50 000 m^3/s 以上)水位抬高 0.1 ~ 0.2 m^[19]. 美国密苏里州的黑水河,在 1910 年实施了裁弯工程,将河段从原来的 53.6 km 缩短为 29 km,比降从原来 1.67 m/km 增大到了 3.1 m/km. 最初开挖的新河断面面积为 38 m^2 ,但裁弯后,由于河流比降加大和流速加快,河道侵蚀严重,断面面积不断扩大,现在已经扩大到了 160 ~ 484 m^2 ,河道侵蚀后所产生的泥沙又在裁弯河段的下游大量淤积,致使下游河段的洪灾风险大大增加^[20].

4 结 语

人类活动对洪水形成过程及其特征的影响是一个极其复杂的问题,本文通过对文献资料的归纳分析,定

性地探讨了人类活动对流域降雨径流关系、蓄滞洪水条件、河道输移条件等的影响。分析结果可以为规范人类活动提供以下几个方面的借鉴:

(1) 流域的森林植被对削减洪峰流量、延缓洪峰的出现时间等具有一定的作用,积极地保护和恢复森林植被有助于缓解洪水灾害;

(2) 城市化会导致洪峰流量增大、峰现时间提前、洪水历时缩短、洪水总量增加,应采取一些调蓄措施来减小城市化对区域降雨径流关系的影响;

(3) 河湖岸带的滩地、湿地对滞蓄洪水具有重要的作用,应该采取严格措施控制人类对滩地和湿地的侵占,并在条件许可的情况下恢复被占用的滩地和湿地;

(4) 尽管修筑堤防、河道裁弯取直等防洪工程措施可以减轻局部地区的洪水灾害,但是这些措施也存在洪灾风险转移的问题,在采取这些措施时应综合考虑上下游、左右岸、干支流的防洪需求。

参 考 文 献:

- [1] 赵春明,刘雅鸣,张金良,等. 20世纪中国水旱灾害警示录[M]. 郑州:黄河水利出版社,2002:238-292. (ZHAO Chun-ming, LIU Ya-ming, ZHANG Jin-liang, et al. Lessons from Chinese flood and drought disasters during 20 century[M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Commission Press, 2002: 238-292. (in Chinese))
- [2] 国家防汛抗旱总指挥部办公室,水利部南京水文水资源研究所. 中国水旱灾害[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997:160-181. (Office of State Flood Control and Drought Relief Headquarters, Nanjing Institute of Hydrology and Water Resources. Chinese flood and drought disasters[M]. Beijing: China WaterPower Press, 1997: 160-181. (in Chinese))
- [3] 李景文. 森林生态学[M]. 北京:中国林业出版社,1994:109. (LI Jing-wen. Forest ecology[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1994: 109. (in Chinese))
- [4] 许炯心. 长江上游干支流的水沙变化及其与森林破坏的关系[J]. 水利学报,2000(1):72-80. (XU Jiong-xin. Runoff and sediment variations in the upper reaches of Chanjiang River and its tributaries due to deforestation[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000(1): 72-80. (in Chinese))
- [5] 黄锡荃. 水文学[M]. 北京:高等教育出版社,1985:267-268. (HUANG Xi-quan. Hydrology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1985: 267-268. (in Chinese))
- [6] 史立人. 水土保持是江河治理的根本——关于'98长江洪水灾害的思考[J]. 中国水土保持,1998(11):13-15. (SHI Li-ren. Soil and water conservation is the essential of river harnessing-deep pondering of 1998 flood disasters of the Yangtze River[J]. Soil and Water Conservation in China, 1998(11): 13-15. (in Chinese))
- [7] 朱元胜,金光炎. 城市水文学[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991:25-27. (ZHU Yuan-shen, JIN Guang-yan. Urban hydrology[M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1991: 25-27. (in Chinese))
- [8] MOORE W L, MORGAN C W. Effects of water changes on streamflow[M]. Austin: University of Texas Press, 1969: 215-228.
- [9] ANDERSON D G. Effects of urban development on floods in northern Virginia[R]. Washington D C: U S Government Printing Office, 1970: 22-23.
- [10] WILSON K V. A preliminary study of the effects of urbanization on floods in Jackson, Mississippi[R]. Washington D C: U S Government Printing Office, 1967: 259-261.
- [11] 周魁一. 洞庭湖的历史演变与防洪功能评价[J]. 黑龙江水专学报,2001,28(3):1-8. (ZHOU Kui-yi. Historical development and control function evaluation in Dongting Lake[J]. Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering College, 2001, 28(3): 1-8. (in Chinese))
- [12] 张家诚,周魁一,杨华庭,等. 中国气象洪涝海洋灾害[M]. 长沙:湖南人民出版社,1998:212-219. (ZHANG Jia-cheng, ZHOU Kui-yi, YANG Hua-ting, et al. Chinese weather, flood and ocean disasters[M]. Changsha: Hunan People's Publishing House, 1998: 212-219. (in Chinese))
- [13] 陈远生,何希吾,赵承普,等. 淮河流域洪涝灾害与对策[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995:37-66. (CHEN Yuan-sheng, HE Xi-wu, ZHAO Cheng-pu, et al. Flood disaster and strategy of control in Huaihe Watershed[M]. Beijing:

- Chinese Science and Technology Press, 1995: 37–66. (in Chinese))
- [14] 杨民钦. 1991年淮河洪水介绍[J]. 水利规划, 1992(1): 26–30. (YANG Min-qin. Introduction of 1991 flood in Huaihe Watershed [J]. Water Conservancy Planning, 1992(1): 26–30. (in Chinese))
- [15] Interagency Floodplain Management Review Committee (US). Sharing the challenge: floodplain management into the 21st century[R]. Washington D C: Government Printing Office, 1994: 46–47.
- [16] 李景堂, 王开元. 珠江防洪减灾对策探讨[J]. 人民珠江, 1999(4): 12–17. (LI Jing-tang, WANG Kai-yuan. Discussion on counter measures of flood control and disaster mitigation of Pearl River [J]. Pearl River, 1999 (4): 12–17. (in Chinese))
- [17] 薛建枫. 中国江河防洪丛书-珠江卷[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1995: 99–106. (XUE Jian-feng. Pearl River-series of flood control of Chinese rivers[M]. Beijing: China WaterPower Press, 1995: 99–106. (in Chinese))
- [18] 杨怀仁, 唐日长. 长江中游荆江变迁研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999: 222–223. (YANG Huai-ren, TANG Ri-chang. Studies about the changes of Jingjiang Reach of middle Yangtze River[M]. Beijing: China WaterPower Press, 1999: 222–223. (in Chinese))
- [19] 季学武. 长江1998年洪水和水利科技进步[J]. 人民长江, 1999(2): 1–10. (JI Xue-wu. 1998 Yangtze flood and advances of hydrologic science and technology[J]. Yangtze River, 1999(2): 1–10. (in Chinese))
- [20] HERSCHY R W, FAIRBRIDGE R W. Encyclopedia of hydrology and water resources [M]. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1998: 294–297.

Impacts of human activities on floods

ZOU Ying^{1,2}, CHENG Jian-hua³

(1. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*; 2. *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China*; 3. *Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co. Ltd, Yangzhou 225009, China*)

Abstract: Since 1990, a gradually rising trend of flood damage has been apparent and the situation of flood defense is greatly severe. Besides hydrometeorological factors, human activity is an important factor causing much more flood damages. Human activities throughout watersheds directly or indirectly change some natural elements, such as land cover, available storage, land slope and river morphology, which influence flood-producing process and flood characteristics. By reviewing the existing literatures, this paper discusses the impacts of some typical human activities on flood characteristics considering the change of the rainfall-runoff relationship of partial areas in a watershed, the diminishment of the available storage of lakes and wetlands, and the transformation of the conveying conditions of flood flow in rivers.

Key words: flood; flood characteristics; human activities; rainfall-runoff relationship; flood detention and retention